

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Tlaková stolice pro zkoušení armatur

Pressure Stand for Testing of Fittings

Student:

Bc. Lukáš Krautwurst

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Oldřich Učeň, Ph. D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Krautwurst**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: Tlaková stolice pro zkoušení armatur
Pressure Stand for Testing of Fittings

Zásady pro vypracování:

Navrhnete tlakovou stolici pro zkoušení armatur světlostí od DN50 do DN 500. Zkušební tlaky jsou 64 MPa pro DN 50 až DN 100, 7,8 MPa pro DN 500. Maximální hmotnost zkoušené armatury 1500 kg. Poloha armatury při testování bude horizontální (se svislou osou průtoku). Těsnící průměr bude minimální 80 mm a maximální 620 mm.

Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstrukční návrh tlakové stolice pro zkoušení armatur.
3. Pevnostní kontrolu důležitých uzlů.
4. Detailní výrobní výkres vybrané součásti.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
Literární rešerše zpracovaná v rámci Diplomového projektu
Podklady firmy ARMATURY Group, a.s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.5.2014

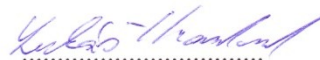


podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 19.5.2014



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Lukáš Krautwurst

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Nová 763, 747 27, Koberovice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Krautwurst L. *Tlaková stolice pro zkoušení armatur: Diplomová práce.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014, 60 s. Vedoucí práce: Učeň O.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem tlakové stolice pro zkoušení armatur firmy Armatury Group a.s. Stolica je navrhována pro armatury světlostí od DN50 do DN500 s maximální hmotností jedné armatury 1500 kg. Konstrukce je navržena s ručním otáčením pohybového šroubu a nízkozdvížným hydraulickým válcem. Pro urychlení práce na stolici je řešení s otočným stolem, který se otáčí okolo osy jednoho ze sloupů. V práci jsou uvedeny všechny výpočty důležitých uzlů. Pomocí metody konečných prvků jsou zkontrolovány nosníky a čepy této stolice.

ANOTATION OF THESIS

Krautwurst L. *Pressure stand for testing of fittings: thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2014, 60 s. Thesis head: Učeň O.

This thesis deals with the structural design pressure stool for testing valves Fittings Group companies as Stool is designed for valve sizes from DN50 to DN500 with a maximum weight of 1500 kg fittings. The structure is designed with a manual turning motion screw and low lift hydraulic cylinder. To speed up work on bench is a solution with a rotary table that rotates around the axis of one of the columns. The paper presents calculations of all important nodes. Using finite element method are checked beams and studs of this stool.

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Oldřichu Učňovi Ph.D. za pomoc při vedení diplomové práce. Dále bych rád poděkoval panu Jiřímu Baronovi a Ing. Jiřímu Halfarovi za konzultace při konstrukčním a početním návrhu a také firmě Armatury Group a.s. za umožnění vypracování této diplomové práce. A poděkování patří také mým rodičům za podporu při studiu.

Obsah

Seznam použitého značení.....	9
1. Úvod.....	11
2. Typy armatur.....	12
2.1 Typy armatur ve vztahu k jejich konstrukci	12
2.2 Typy armatur ve vztahu k jejich funkci	15
3. Zkoušení armatur dle normy ČSN EN 12266 – 1.....	17
3.1 Požadavky na zkoušku	17
3.2 Postupy zkoušek a přijímací kritéria	17
3.3 Pevnost tělesa, zkouška P10.....	18
3.4 Těsnost tělesa, zkouška P11	19
3.4 Těsnost v sedle, zkouška P12.....	20
4. Druhy stolic a upnutí.....	21
4.1 Vertikální stolice	22
4.2 Horizontální stolice	22
5. Tlaková stolice.....	24
5.1 Technické zadání	24
5.2 Všeobecné podmínky.....	24
5.3 Popis funkce a použití stolice	26
6. Konstrukční řešení vybraných dílů	29
6.1 Otočné zařízení	30
6.2 Spodní deska	32
6.3 Horní přitlačný mechanismus	33
6.4 Spojení nosníků se sloupy	35
7. Výpočty nejdůležitějších prvků	36
7.1 Kontrola šroubové tyče na vzpěr a otláčení.....	36

7.2 Výpočet hydraulického válce.....	38
7.3 Kontrola lichoběžníkového závitu	39
Matice je vyrobena z bronzu CuSn8. S mezí kluzu $R_e = 530 \text{ MPa}$	40
7.4 Výpočet průměru čepu	42
7.5 Kontrolní výpočet svarových spojů	45
8. Kontrola nosníků stolice	49
8.1 Vytvoření počítačového modelu pomocí metody konečných prvků	49
8.2 Výpočet napjatosti a deformace.....	52
8.3 Závěr dosažených výsledků pomocí MKP	55
9. Schéma hydraulického obvodu pro plnění a tlakování armatury	55
10. Závěr	57
11. Seznam použité literatury	58
12. Přílohy.....	60

Seznam použitého značení

F	Síla vyvozená válcem	[N]
F_I	Poloviční síla $F/2$	[N]
l_0	Redukovaná délka prutu	[m, mm]
l	Skutečná délka tyče	[m, mm]
d, d_2, d_3	Rozměry lichoběžníkového závitu	[m, mm]
E	Modul pružnosti	[MPa]
F_{kr}	Kritická síla pro vzpěr	[N]
J_{min}	Kvadratický moment průřezu	[m ⁴ , mm ⁴]
π	Ludolfovo číslo	[1]
k	Bezpečnost	[1]
p, p_1, p_2	Tlak	[MPa]
S	Plocha	[m ² , mm ²]
P_D	Dovolený tlak	[MPa]
D	Průměr hydraulického válce	[m, mm]
Re	Mez kluzu	[MPa]
P	Stoupání závitu	[m, mm]
z	Počet závitů v záběru	[1]
m	Výška matice	[m, mm]
k_l	Koeficient plnosti závitu	[1]
τ_{pD}	Dovolené napětí pro střih	[MPa]
σ_D	Dovolené napětí pro ohyb	[MPa]
H	Nosná výška závitu	[m, mm]
a, b	Rozměry uložení čepu ve sloupu a nosnících	[m, mm]
M_o	Ohybový moment	[MPa]
W_o	Modul průřezu	[m ³ , mm ³]

$d_{\check{c}}$	Průměr čepu	[m, mm]
a_s	Velikost svaru	[m, mm]
l_s	Délka svaru	[m, mm]
F_{ar}	Tíha armatury	[N]
μ	Poissonovo číslo	[1]

1. Úvod

V průmyslové, potrubní dopravě jsou stavebním prvkem všech potrubních rozvodů kromě samotného potrubí, armatury.

Armatur je nepřeberné množství. Od různých druhů, světlostí a hmotností až po účel, jakým způsobem se v rozvodové síti potrubím uplatňují.

Co je to armatura?

Armatura je potrubní součást ovlivňující průtok pracovní látky otevřením, zavřením nebo částečným uzavřením průtočného kanálu nebo oddělováním případně směšováním pracovních látek.



Obr. 1.1 Kulový kohout K92 [1]

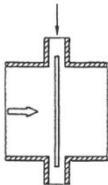
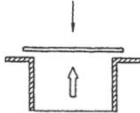
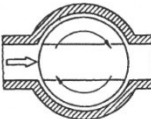
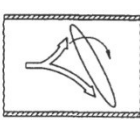
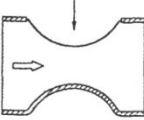
Vyrábějí se z různých materiálů, šedé a tvárné litiny, uhlíkové oceli na odlitky a slitinové oceli.

2. Typy armatur

2.1 Typy armatur ve vztahu k jejich konstrukci

Rozlišují se podle:

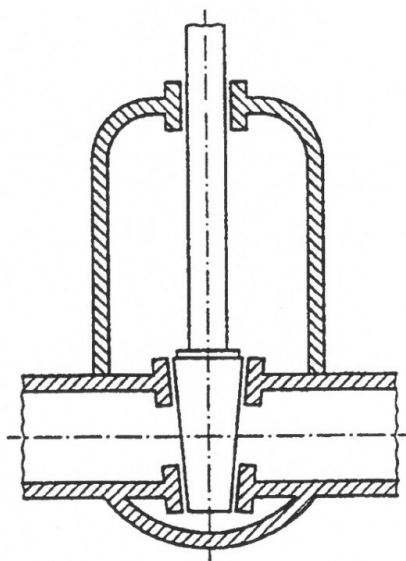
- Pracovního pohybu uzavíracího elementu;
- Směru proudění v uzavíraném průřezu

Pohyb uzavíracího elementu	Lineární pohyb		Otáčení kolem osy kolmé na směr proudění		Deformace pružného elementu
	Kolmo k pracovnímu pohybu uzavíracího elementu	Ve směru pracovního pohybu uzavíracího elementu	Uzavíracím elementem	Kolem uzavíracího elementu	
Schematické náčrty					
Základní typy	Šoupátko	Uzavírací ventil	Kohout a kulový kohout	Klapka a excentrický kohout	Membránová armatura

Obr. 2.1 Základní rozdělení armatur [2]

- Šoupátko

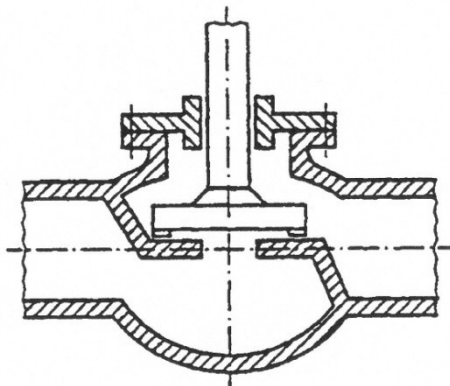
Armatura, ve které se uzavírací element pohybuje lineárně v rovině kolmé ke směru toku v uzavíracím průřezu. Šoupátka jsou uzavírací armatury sloužící k úplnému uzavření proudu pracovní látky. Nedoporučují se k regulaci průtoku pracovní látky.



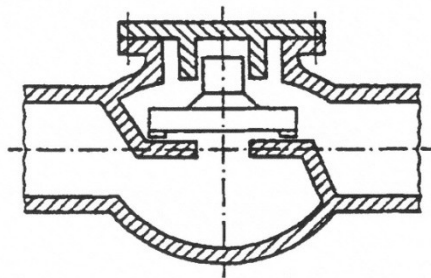
Obr. 2.2 Šoupátko [2]

- **Uzavírací ventil**

Armatura, ve které se uzavírací element pohybuje lineárně v rovině směru toku v uzavíraném průřezu.



Obr. 2.3 Uzavírací ventil [2]

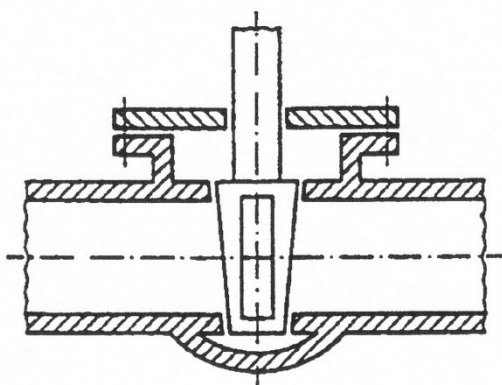


Obr. 2.4 Zpětný ventil [2]

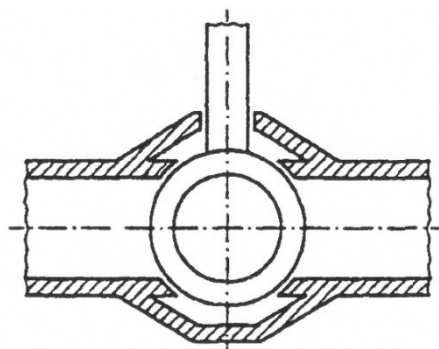
- **Kohout a kulový kohout**

Armatura, ve které se uzavírací element otáčí kolem své osy kolmé na směr proudění a v otevřeném stavu pracovní látka protéká tímto elementem.

Čtvrtotáčkový kohout s kulovým uzavíracím prvkem, drženým mezi dvěma sedly. Jsou určeny k úplnému otevření nebo uzavření průtoku pracovní látky. Nelze je použít jako armatury škrtící nebo regulační.



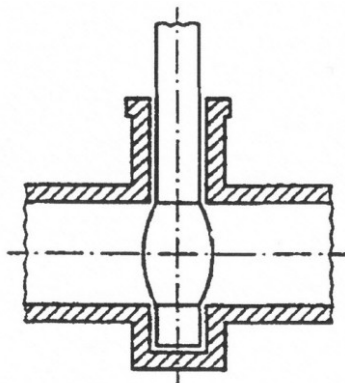
Obr. 2.5 Kohout [2]



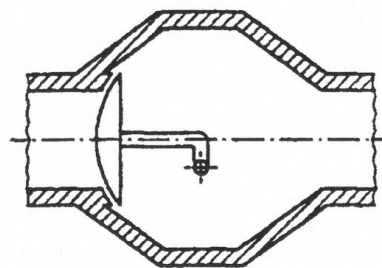
Obr. 2.6 Kulový kohout [2]

- **Klapka a excentrický kohout**

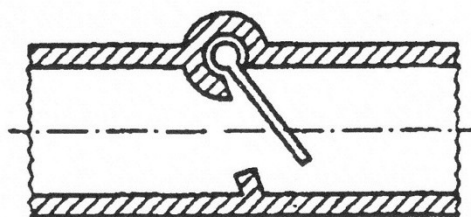
Armatura, ve které se uzavírací element otáčí kolem osy kolmé na směr proudění a v otevřeném stavu proudí pracovní látka kolem tohoto elementu. Uzavírací klapky s jednou excentricitou jsou určeny k úplnému otevření nebo uzavření průtoku. Lze je použít i pro regulaci.



Obr. 2.7 Klapka [2]



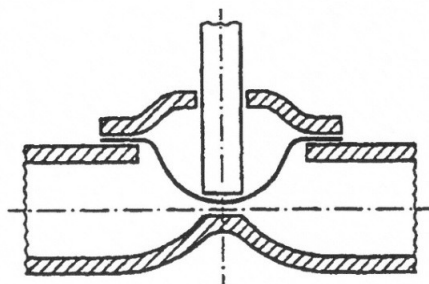
Obr. 2.8 Excentrický kohout [2]



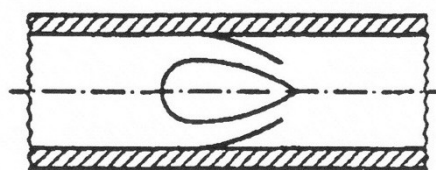
Obr. 2.9 Uzavírací klapka [2]

- **Membránová armatura**

Armatura, ve které se průtočný kanál mění v důsledku deformace pružného uzavíracího elementu, který je ovládaný působením externí síly.



Obr. 2.10 Membránová armatura [2]



Obr. 2.11 Membránová klapka [2]

2.2 Typy armatur ve vztahu k jejich funkci

- **Uzavírací armatura**

Armatura určená k používání pouze v uzavřené nebo plně otevřené poloze.

- **Armatura s plynule měnitelným průtokem**

Armatura určená k používání v jakékoli poloze mezi „zavřeno“ a „plně otevřeno“.

- **Regulační armatura**

Zařízení pracující se servomotorem, které mění průtok pracovní látky v řízeném provozu. Sestává z armatury připojené k ovladači s regulací polohy nebo bez regulace, který je schopen měnit polohu uzavíracího elementu v armatuře v závislosti na signálu vysílaném řídicím systémem.

- **Pojistná armatura**

Armatura, která automaticky bez pomoci jakékoliv jiné energie než té, která je obsažena v jištěné pracovní látce, uvolní určité množství pracovní látky v případě překročení nejvyššího pracovního přetlaku a po návratu systému na normální pracovní podmínky se uzavře.

- **Pojistné průtržné membrány**

Pojistné zařízení, které nemá schopnost znovu se uzavřít po překročení nejvyššího pracovního přetlaku, kdy dojde k porušení průtržné membrány. Obsahuje kompletní smontovanou jednotku včetně příslušného držáku průtržné membrány.

- **Zpětná armatura**

Armatura, která se automaticky otevírá při průtoku pracovní látky ve stanoveném směru a automaticky se uzavírá pro zamezení průtoku pracovní látky v opačném smyslu.

- **Rozdělovací armatura**

Armatura určená pro vytvoření dvou nebo více výstupních proudů z jednoho vstupního proudu pomocí změny polohy uzavíracího elementu.

- **Směšovací armatura**

Armatura určená pro vytvoření jednoho výstupního proudu ze dvou nebo více vstupních proudů pomocí změny polohy uzavíracího elementu.

- **Automatický odváděč kondenzátu**

Samočinná armatura, která automaticky odvádí kondenzát z parních rozvodů, přičemž zůstává těsná vůči čerstvé páře nebo pokud je to nutné dovoluje páře proudit předepsanou rychlostí.

[1]

3. Zkoušení armatur dle normy ČSN EN 12266 – 1

Armatura musí splňovat velké množství požadavků z hlediska bezpečnosti, životnosti a hlavně funkčnosti. Největším parametrem funkčnosti u armatury je pevnost tělesa. Tzn. schopnost tlakového tělesa odolávat vnitřnímu tlaku.

3.1 Požadavky na zkoušku

Tabulka č. 1 – požadavky na zkoušky

Zkouška		Účel
Název	Číslo zkoušky	
Pevnost tělesa ^a	P10	Ověřit schopnost tlakového tělesa odolávat vnitřnímu tlaku
Těsnost tělesa ^a	P11	Ověřit těsnost tělesa včetně těsnění ovládacího mechanismu proti působení vnitřního tlaku
Těsnost v sedle	P12	Ověřit schopnost sedla (sedel), dodržet stanovenou těsnost <ul style="list-style-type: none">- V průběhu výroby- Ve směru, pro který je armatura navržena
^a Zkoušky pevnosti a těsnosti tělesa mohou být provedeny současně, když zkušební tekutinou pro zkoušku těsnosti tělesa je kapalina.		

3.2 Postupy zkoušek a přijímací kritéria

- Zkušební zařízení

Zkušební zařízení musí být navrženo tak, aby neovlivňovalo armaturu působením vnějších zatížení, který by mohla ovlivnit výsledky zkoušky.

Poznámka – zkušební zařízení může vyvolat vnější zatížení postačující jako reakce na síly plynoucí ze zkušební tlaku.

- **Měřicí zařízení**

Měřicí zařízení musí umožňovat měření tlaku tekutiny s přesností $\pm 5\%$ požadovaného zkušební tlaku.

- **Zkušební tekutina**

Zkušební tekutina použitá při příslušných zkouškách musí být:

- Buď kapalina (voda, která může obsahovat inhibitor koroze nebo jiná vhodná kapalina, která nemá viskozitu větší než voda);
- Nebo plyn (vzduch nebo jiný vhodný plyn)

Teplota zkušební tekutiny musí být mezi 5°C a 40°C .

3.3 Pevnost tělesa, zkouška P10

Zkouška musí potvrdit schopnost tlakového tělesa odolávat vnitřnímu tlaku.

- **Postup zkoušky**

Zkušební tekutinou musí být kapalina.

Uzavírací element musí být v částečně otevřené poloze.

Připojovací konce tělesa musí být zaslepena a všechny dutiny zaplněny zkušební tekutinou.

Zkušební tekutina se natlakuje na tlak viz. kapitola zkušební tlak.

Zkušební tlak musí být udržován po dobu zkoušky stanovenou viz. kapitola doba trvání zkoušky.

- **Zkušební tlak**

Zkušební tlak musí být minimálně 1,5násobkem dovoleného tlaku při pokojové teplotě.

- **Doba trvání zkoušky**

Zkušební tlak musí být udržován nejméně po dobu zkoušky stanovenou v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2 – minimální doba trvání zkoušek tělesa

Jmenovitá světlost	Minimální doba trvání zkoušky	
	Výrobní zkouška a přejímací zkouška [s]	Typová zkouška [min]
do DN 50	15	10
od DN 65 do DN 200	60	10
DN 250 a výše	180	10

- Přejímací kritéria

Vizuálně zjištělná netěsnost kdekoli na vnějším povrchu tělesa je nepřipustná.

3.4 Těsnost tělesa, zkouška P11

Zkouška musí prokázat těsnost tělesa včetně utěsnění ovládacího mechanismu při působení vnitřního tlaku.

- Postup zkoušky

Obdobný jako u zkoušky P10.

- Zkušební tlak

Stejně jako u zkoušky P10.

- Doba trvání zkoušky

Zkušební tlak musí být udržován nejméně po dobu zkoušky stanovenou v tabulce č. 2

- Přejímací kritéria

- Jestliže je zkušební tekutinou kapalina, nepřipouští se žádná vizuálně zjištělná netěsnost na vnějším povrchu armatury;
- Jestliže je zkušební tekutinou plyn:
- Nepřipouští se žádné bublinky vystupující na hladinu při ponoření armatury do vody;

3.4 Těsnost v sedle, zkouška P12

Zkouška musí potvrdit schopnost sedla (sedel) dodržet stanovený stupeň netěsnosti ve směru (směrech), pro který je armatura navržena.

- Postup zkoušky

Zkušební tekutinou musí být kapalina nebo plyn. Za volbu zkušební kapaliny je odpovědný výrobce.

Vnitřní prostor armatury a se zaplní zkušební tekutinou.

Uzavírací element se uvede do uzavřené polohy.

Aplikuje se zkušební tlak a udržuje se po dobu specifikovanou v tabulce č. 3

- Zkušební tlak

Zkušební tlak musí být nejméně 1,1násobkem dovoleného diferenčního tlaku s výjimkou, když je zkušební tekutinou plyn.

- Doba trvání zkoušky

Zkušební tlak musí být udržován nejméně po dobu zkoušky specifikovanou v tabulce č. 3.

[2]

Tabulka č. 3 – minimální doba trvání zkoušek těsnosti v sedle

Jmenovitá světlost	Minimální doba trvání zkoušky			
	Výrobní zkouška a přejímací zkouška			Typová zkouška
	Armatury s kovovým sedlem		Armatura s měkkým sedlem	Všechny armatury
	Kapalina	Plyn	Kapalina nebo plyn	Kap. nebo plyn
do DN 50	15 s	15 s	15 s	10 min
DN 65 až DN 200	30 s	15 s	15 s	10 min
DN 250 až DN 450	60 s	30 s	30 s	10 min
DN 500 a výše	120 s	30 s	60 s	10 min

4. Druhy stolic a upnutí

K získání informací o funkčních parametrech armatury se používají tzv. tlakové stolice.

Jedná se o stroj, na který se zkoušená armatura upne mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky. Nejčastější je verze s hydraulickým upnutím, kde můžeme přesnou silou upnout armaturu tak, abychom neovlivňovali její vlastnosti. Po upnutí se do armatury přivede médium, pro které je armatura navržena, začne se tlakovat a zjišťuje se, zda armatura u zkoušky obstojí.



Obr. 4.1,4.2 Tlakové stolice [2]

4.1 Vertikální stolice

U vertikální tlakové stolice je svislá osa průtoku média armaturou. Je vhodná pro rozměrnější a těžší armatury než u horizontální stolice.

Uchycení/přítlačení armatury bývá většinou jen z jednoho směru. V případě stolice na obrázku přítlačnou sílu zajišťuje hydraulický válec umístěný shora.



Obr. 4.3 Vertikální tlakové stolice [3]

4.2 Horizontální stolice

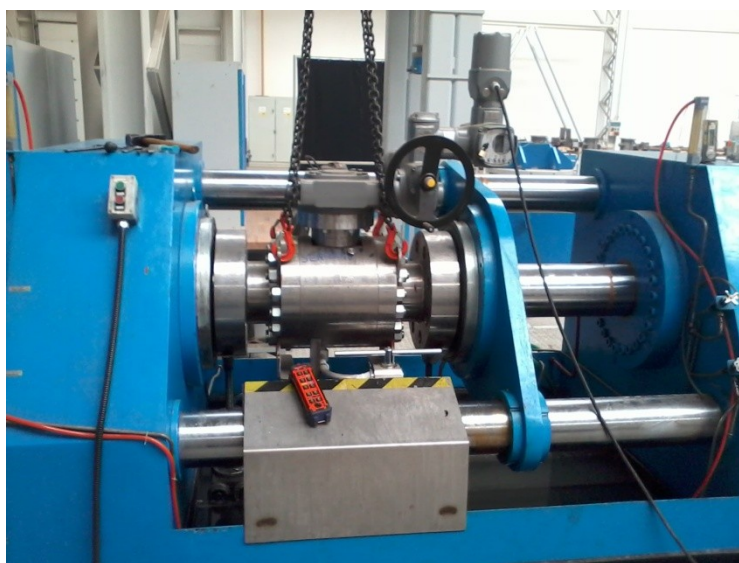
U horizontální tlakové stolice je vodorovný směr průtoku armaturou. Armatura se tedy umísťuje mezi přítlačné desky stolice ve vodorovné poloze.

Toto je vhodnější pro lehčí až středně těžké a rozměrné armatury, většinou jde o šoupátka a kulové kohouty.

Uchycení armatury obstarává taktéž hydraulický válec. Na obrázku umístěn zprava, může být, ale také, na obou stranách zkoušené armatury.



Obr. 4.4 Horizontální tlakové stolice [3]



Obr. 4.5 Probíhající zkoušení armatury [3]

5. Tlaková stolice

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem vertikální tlakové stolice pro zkoušení armatur.

Činnost stolice spočívá v upnutí zkoušené armatury, tlakování vnitřního prostoru armatury vodou, případně stlačeným vzduchem a následné vyhodnocení zkoušek P10, P11 a P12 popsanych v předešlých kapitolách.

5.1 Technické zadání

Nové zkušební tlakové zařízení pro testování průmyslových armatur vyráběných společností ARMATURY Group a.s.

- Zkoušený sortiment: typorozměrová řada klapek uzavíracích, regulačních a šoupátek s přírubovými a mezipřírubovými konci pro světlosti od DN50 do DN500.
- Zkušební tlaky od 7,8 MPa do 64 MPa.
- Maximální hmotnost zkoušené armatury je 1500 kg.
- Minimální těsnicí průměr 80 mm, maximální 620 mm.
- Rozměr mezi sloupy tlakovky je 900 mm.
- Minimální vzdálenost od upínací desky stolu 150 mm, maximální 900 mm

5.2 Všeobecné podmínky

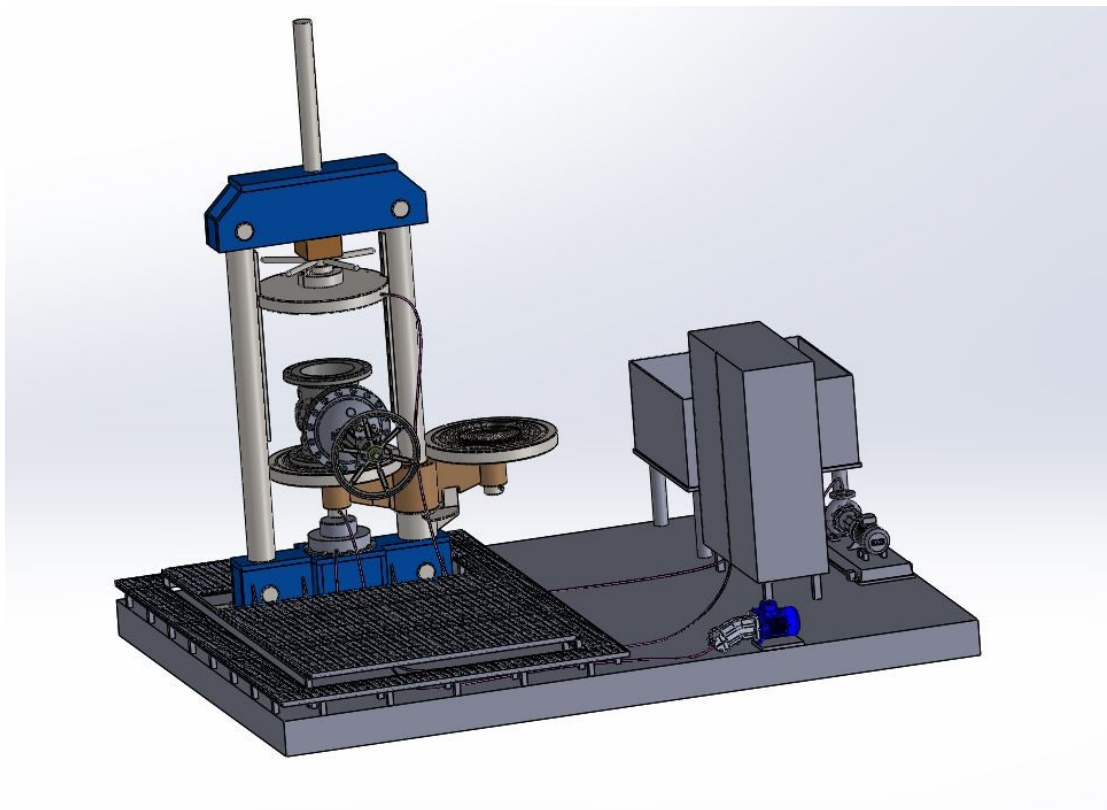
Zkušební stolice pro testování armatur – k provádění tlakových, funkčních a ověřovacích zkoušek cyklováním v souladu s EN 12266, ISO 5208, API 6D, API 598, GOST 54808.

Požadované konstrukční řešení – vertikální rámová tlaková stolice (poloha armatury při testování horizontální se svislou osou průtoku).

Konstrukce stolice musí umožnit jednoduché ustavení a upnutí armatury k upínacímu stolu s využitím jeřábu jako manipulačního prostředku. Akceptovatelné je řešení s otočným upínacím stolem. Otáčení kolem jednoho sloupu. Upínací stůl pro dvě armatury tzn, jedna se zkouší, druhá se připravuje, resp. se s ní manipuluje.

Nastavení stavební délky pomocí pohybového šroubu. Upínání resp. přítlak pomocí nízkozdvížného hydraulického válce umístěného pod upínacím stolem v ose horního pohybového šroubu.

Tlaková média přivedená do horní zkušební desky skrz desku, do dolní zkušební desky přes obvod pomocí rychlospojek.

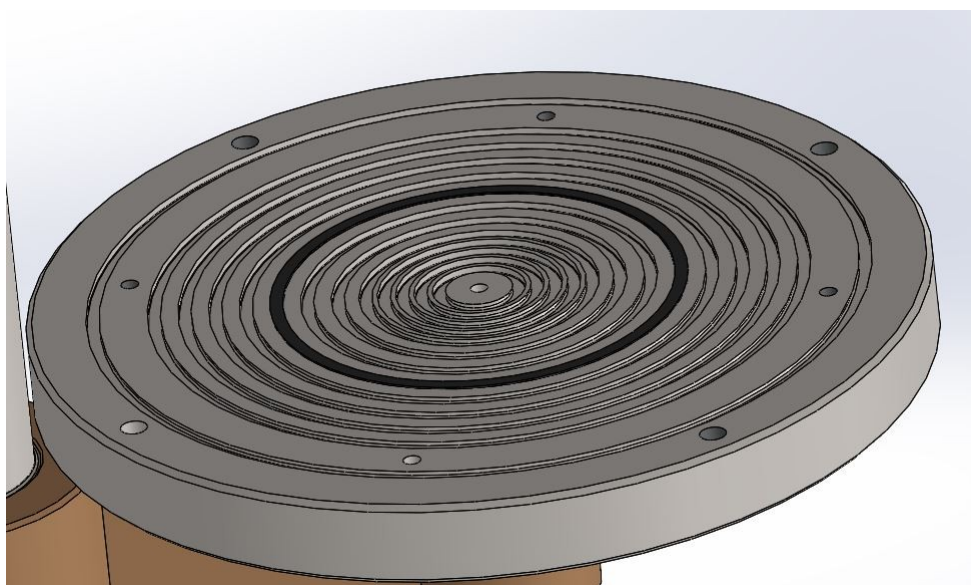


Obr. 5.1 Znázornění celého zařízení [3]

5.3 Popis funkce a použití stolice

Jakmile se vyrobí objednaná sada armatur, musí se nejprve odzkoušet. Zkoušek je více, od rentgenové zkoušky přes tlakovou zkoušku až po zkoušku žáruvzdornosti u pecních armatur.

Tlaková zkouška bude probíhat následujícím způsobem. Nejprve se do přitlačných desek nasadí gumové těsnění o průměru těsnících ploch přírub armatur viz. obrázek [5.2].

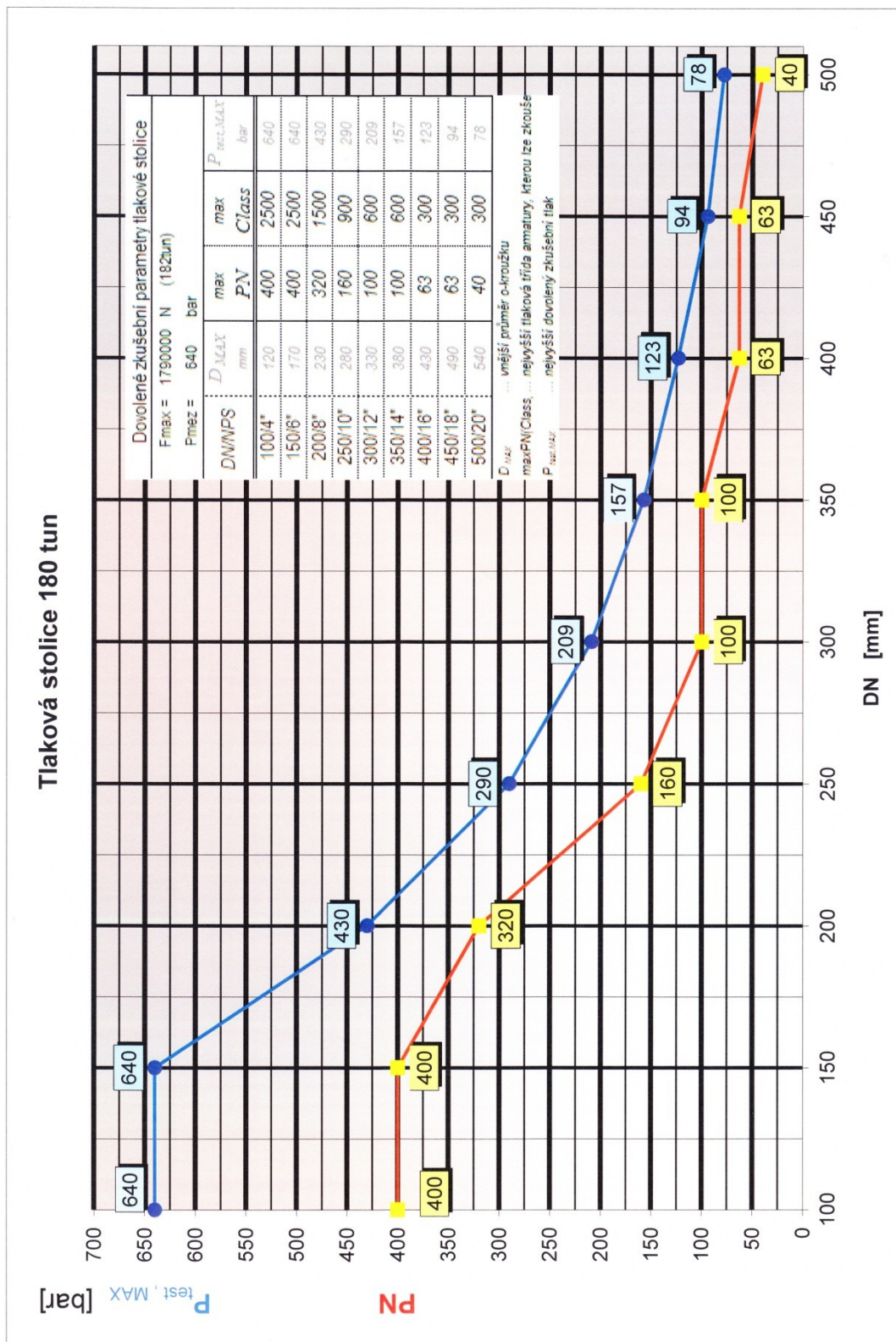


Obr. 5.2 Přitlačná deska s těsněním [3]

Na plochy, které přicházejí do styku s kapalinou, se aplikuje plastické mazivo. Armatura se ustaví na spodní desku. Horní deska, spojená se stavěcím šroubem, přijede na doraz armatury. Poté se nízkozdvižný hydraulický válec opře o spodní desku, která je ve svislém směru volně pohyblivá a upne armaturu požadovanou silou.

Následuje naplnění celé armatury zkoušeným médiem, v tomto případě kapalinou s inhibátorem koroze.

Dle světlosti zkoušené armatury začne tlakování vnitřního prostoru armatury na zkušební tlak, viz. obrázek [5.3]. Pro větší světlosti, tudíž i nižší zkušební tlaky postačí k natlakování jen čerpadlo. K dosažení vyšších tlaků v tomto případě použijí pneumaticko – hydraulický multiplikátor. Byla zde také možnost využití vysokotlakého čerpadla, avšak pro malé světlosti armatur je jeho využití nepraktické.

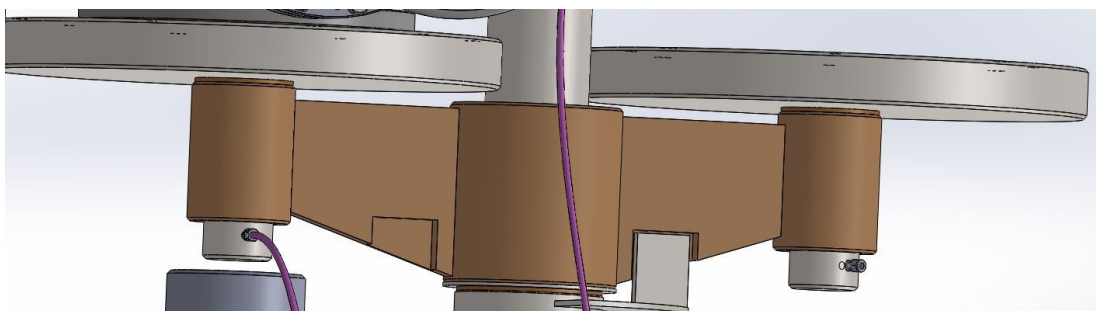


Obr. 5.3 Graf závislosti zkušebních tlaků na světlosti armatury [3]

Po dosažení požadovaného tlaku uvnitř armatury se provedou požadované zkoušky a jejich vyhodnocení.

Následuje odtlakování a vypuštění zkoušecí kapaliny zpět do nádrže. Hydraulický válec uvolní armaturu a stavěcí šroub vyzvedne horní desku jen pár centimetrů.

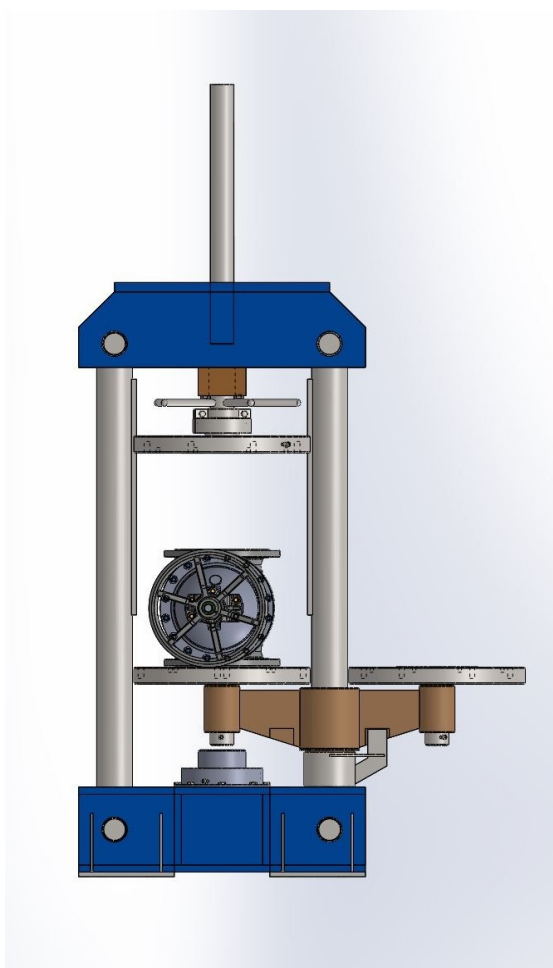
Během zkoušky se na druhé spodní desce, která je součástí otočného zařízení viz. obrázek [5.4], připravuje další armatura ze sady. Ze spodní desky, na které se právě odzkoušela armatura, se odpojí hadice, která je připevněna pomocí rychlospojky. Obě desky se poté otočí kolem osy jednoho sloupu a může se tak rychle zkoušet další armatura.



Obr. 5.4 Otočné zařízení se spodními deskami a rychlospojkami [3]

6. Konstrukční řešení vybraných dílů

Konstrukce této tlakové stolice je vcelku jednoduchá. Hlavními částmi stolice jsou: dva svislé sloupy, horní a dolní nosníky, otočné zařízení se spodními deskami a horní stavěcí šroub s horní přitlačnou deskou.

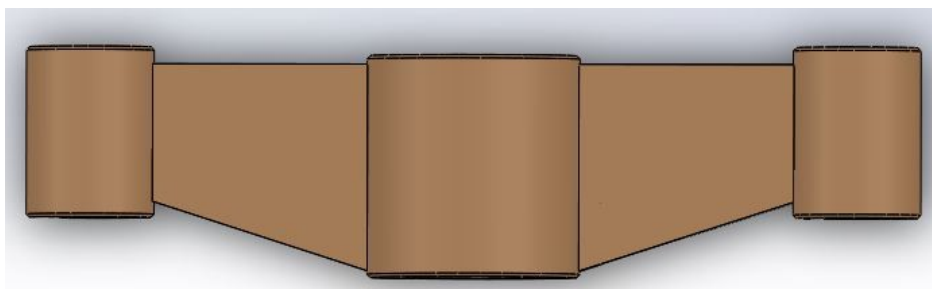


Obr. 6.1 Samotná stolice [3]

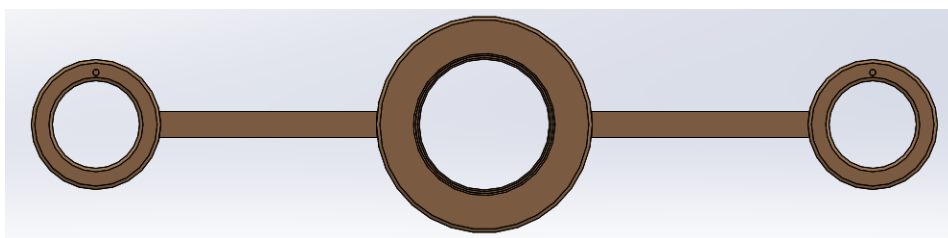
Svislé sloupy stolice jsou umístěny v čepích v horních i spodních nosnících. Přes tyto čepy se tedy přenáší veškeré zatížení vznikající od hydraulického válce, který tlačí spodní desku vzhůru. Přes armaturu a stavěcí šroub s maticí se síla přenáší do horního nosníku.

6.1 Otočné zařízení

Otočné zařízení slouží k urychlení práce na této stoličce. Jelikož má stolička 2 spodní desky, může se tedy jedna armatura zkoušet a druhá připravovat. Nemusí se čekat, než se jedna armatura odzkouší, odstrojí a až pak se může začít připravovat další.



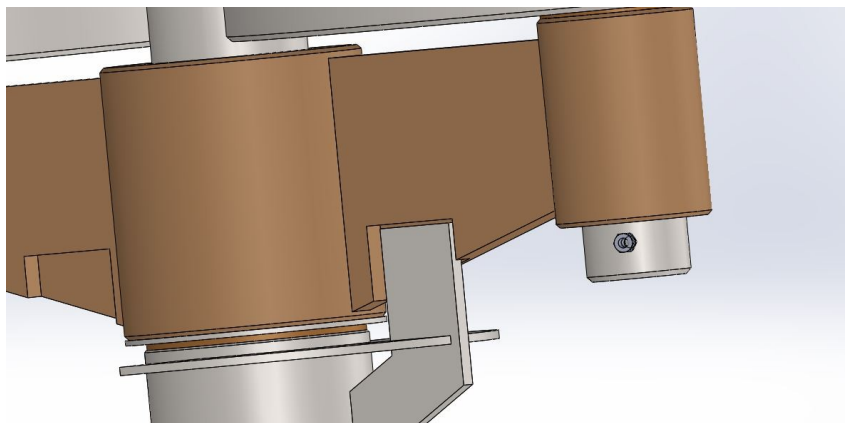
Obr. 6.2 Otočné zařízení, bez spodních desek (čelní pohled) [3]



Obr. 6.3 Otočné zařízení, bez spodních desek (boční pohled) [3]

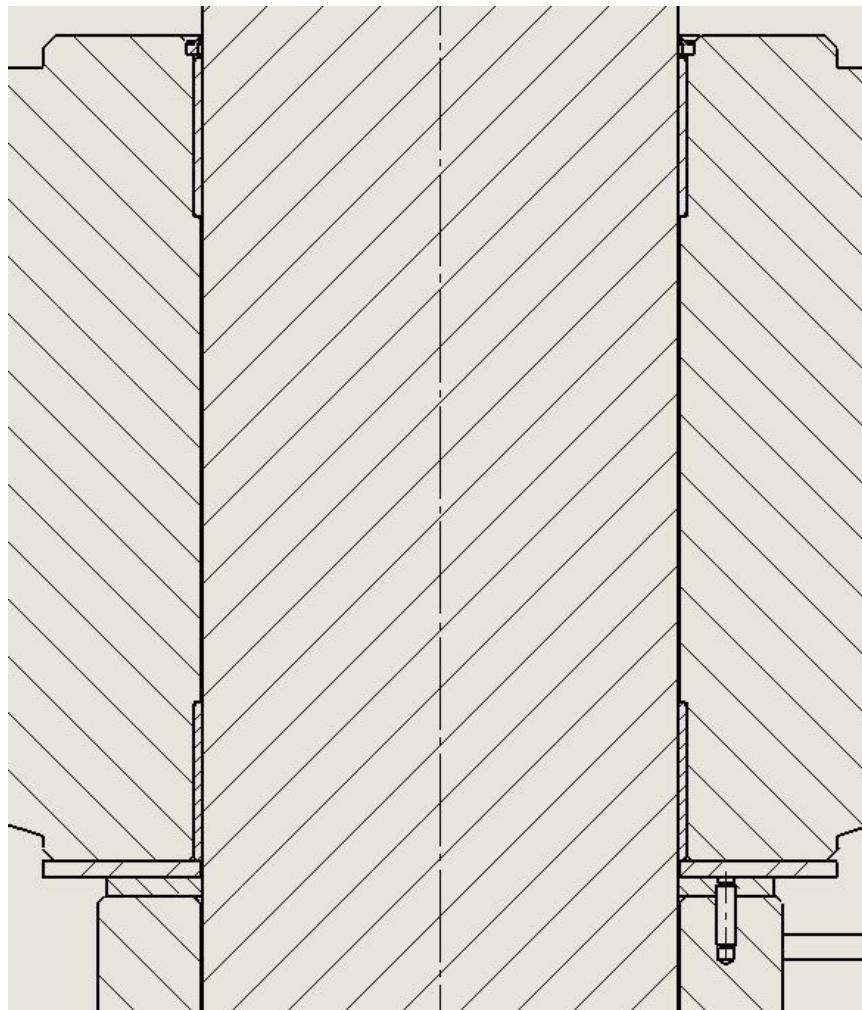
Otočné zařízení je svařovaná konstrukce, skládající se z ocelových tyčí a desek.

Z důvodu požadavku zadavatele je po obou stranách v deskách vybrání pro dorazy. Ty slouží k umožnění otočení jen o 180 stupňů.



Obr. 6.4 Vybrání pro doraz [3]

Celé otočné zařízení sedí na kluzném axiálním ložisku. Uvnitř střední tyče jsou vybrání pro ložiskové pouzdra a také pro stírací kroužek, který zamezí vniknutí nečistot do horního ložiskového pouzdra. Spodní pouzdro drží plech přišroubovaný ke střední tyči šrouby se zapuštěnou hlavou, aby nenarušovaly kluzné ložisko.



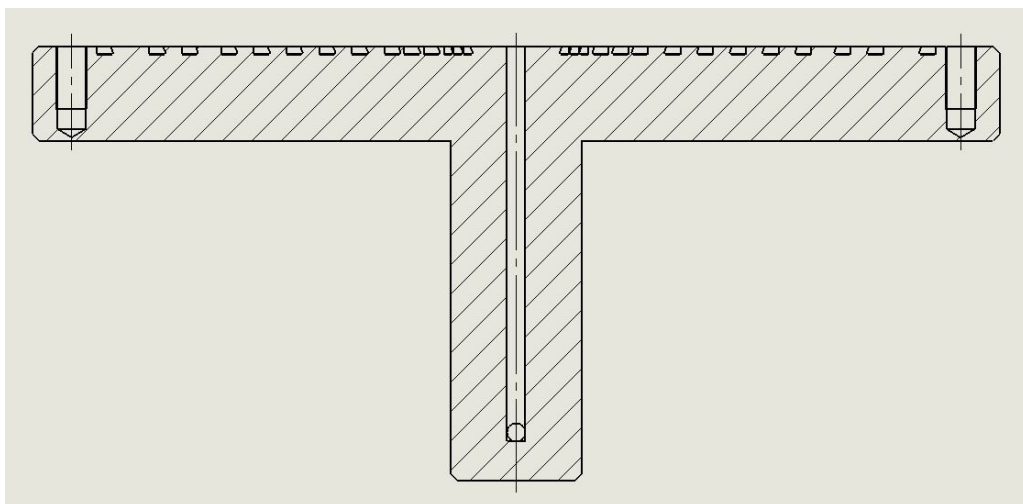
Obr. 6.5 Řez otočným zařízením [3]

Kluzné axiální ložisko je jedním šroubem bez hlavy (červíčkem) zaaretováno k podpěrné tyči pro otočné zařízení.

6.2 Spodní deska

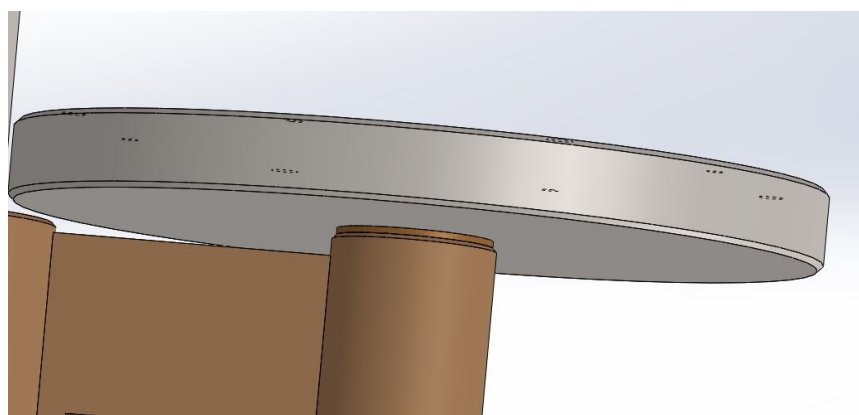
Spodní deska slouží jako podstava pro armaturu a také jako nositel přitlačné síly vyvozené hydraulickým válcem. Deska je svařená ze dvou tyčí z materiálu 11 523.

Jsou v ní vysoustruženy drážky pro pryžové těsnění o průměrech odpovídajících k těsnicím plochám na přírubě armatury a vyvrtány díry pro přívod zkušební kapaliny.



Obr. 6.6 Řez spodní deskou [3]

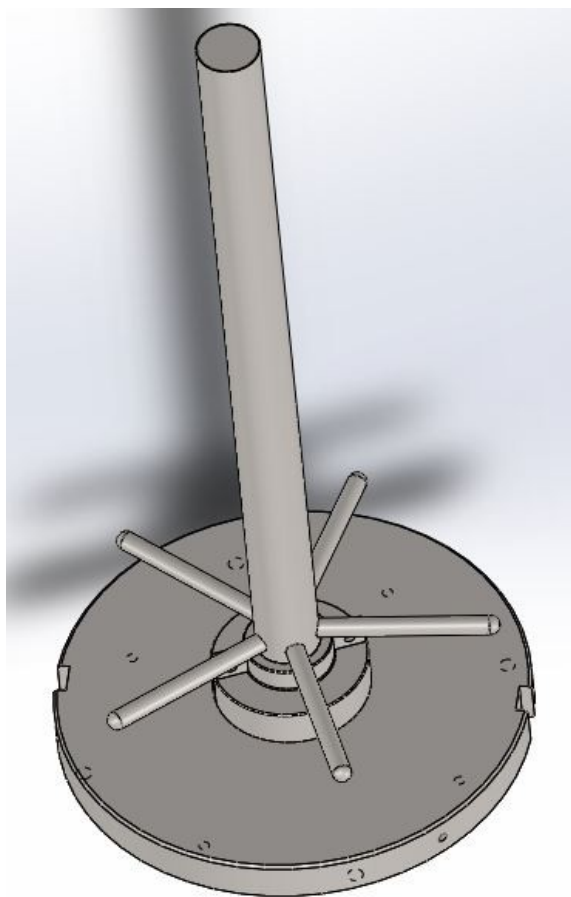
Deska je volně vsazena do otočného zařízení. Sedí, stejně jako celé otočné zařízení na axiálním kluzném ložisku, obrázek [6.7].



Obr. 6.7 Uložení spodní desky na kluzném ložisku [3]

6.3 Horní přitlačný mechanismus

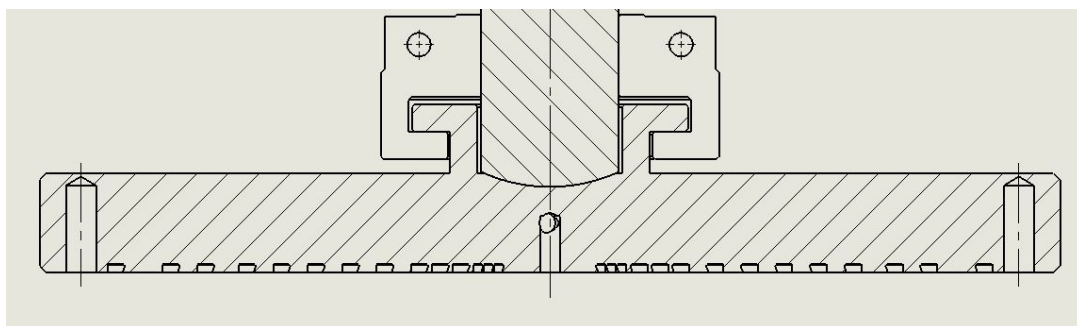
Celé horní přitlačné zařízení je sestava skládající se z horní desky, která je svým tvarem totožná s deskou spodní, avšak bez tyče menšího průměru, pohybového šroubu, přidržovacích částí držící desku a šroub u sebe a rukojetí pro otáčení.



Obr. 6.8 Horní přitlačný mechanismus [3]

Funkce přitlačného mechanismu je taková, že přes pohybový šroub s lichoběžníkovým závitem Tr100 x 12 se celý mechanismus pohybuje ve svislé ose. Otáčení je ruční pomocí madel připevněných na šroubové tyči.

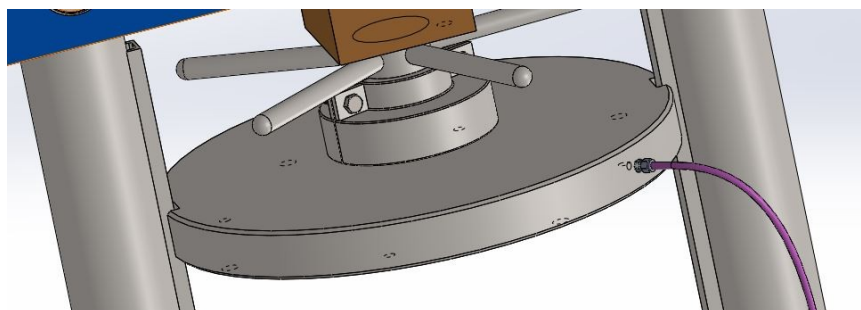
Tyč se do horní desky opře v mírném rádiusovém vybrání, který umožní spodní desce vyrovnávat malé nepřesnosti zkoušené armatury viz. obrázek [6.9].



Obr. 6.9 Řez řešení spojení přitlačného mechanismu [3]

Horní deska je s šroubovou tyčí spojena přes uchycení viz. obrázek [6.9]. Přidržovací příruba je silovým stykem vyvozeným pomocí dvojicí šroubů pevně spojena se šroubovou tyčí a tvarovým stykem je opřena o přírubu navařenou na spodní desce.

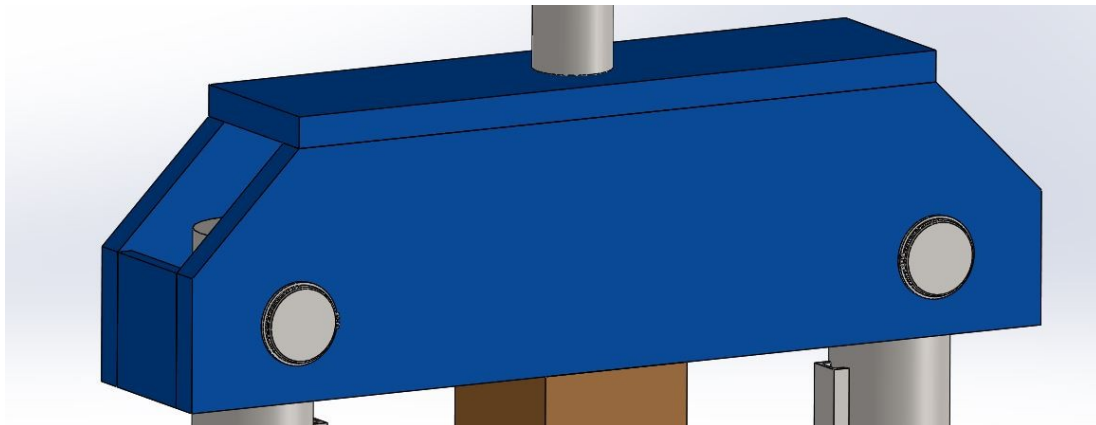
Celá horní deska je pohyblivá jen ve svislém směru. Neotáčí se společně se šroubem, je vedena přes vedení přivařeném po stranách obou sloupů.



Obr. 6.10 Vedení desky pomocí přivařených U profilů na sloupy [3]

6.4 Spojení nosníků se sloupy

Spojení nosníků se sloupy je pomocí čepů o průměru 95 mm. Je to čep s hlavou, na druhé straně opatřený pojistným kroužkem „segerovkou“.



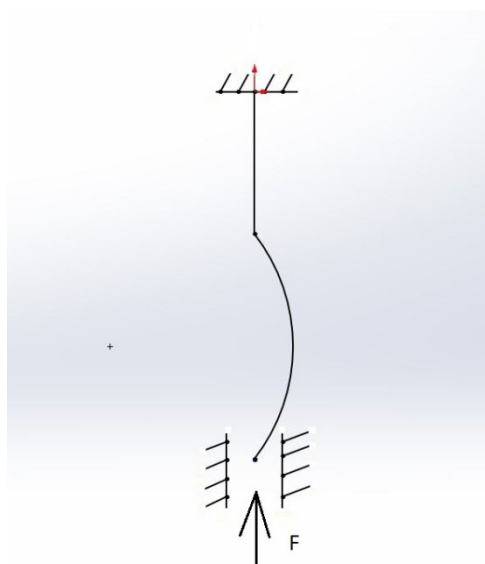
Obr. 6.11 Upevnění nosníků s čepy [3]

Na spodní straně je stejné řešení.

7. Výpočty nejdůležitějších prvků

7.1 Kontrola šroubové tyče na vzpěr a otláčení

Uvažuji způsob vzpěru č. 3 dle strojnických tabulek. Tzn. jeden konec tyče za upnutý (v matici) a druhý konec vedený v ose tyče, ale má možnost pootočení okolo vlastní osy.



Obr. 7.1 Třetí druh vzpěru [3]

Pro tento druh vzpěru je redukovaná délka prutu $l_0 = \frac{l}{\sqrt{2}}$

Počítám s nejdelší možnou délkou šroubové tyče a to je $l = 1000$ mm a počítám s nejmenším průměrem $d_3 = 87$ mm. Zatěžující síla je maximální síla vyvolání hydraulickým válcem, tedy $F = 2\,000\,000$ N.

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{l_0^2} \quad [7.1]$$

Kde:

π ... Ludolfovo číslo [1]

E ... Modul pružnosti [MPa]

J_{min} ... Kvadratický moment průřezu [m⁴, mm⁴]

l_0^2 ... Redukovaná délka prutu [m, mm]

$$J_{min} = \frac{\pi \cdot d_3^4}{64} \quad [7.2]$$

$$J_{min} = \frac{\pi \cdot 0,087^4}{64}$$

$$J_{min} = 2,8122045 \cdot 10^{-6} m^4 = 2812204,5 mm^4$$

$$l_0^2 = \left(\frac{l}{\sqrt{2}} \right)^2 \quad [7.3]$$

$$l_0^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)^2$$

$$l_0^2 = 0,5 m^2 = 500000 mm^2$$

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 2812204,5}{500000}$$

$$F_{kr} = 11657245 N$$

Výpočet bezpečnosti:

$$k = \frac{F_{kr}}{F} \quad [7.4]$$

Kde:

F ... síla od hydraulického válce [N]

$$k = \frac{11657245}{2000000}$$

$$k = 5,8$$

Šroubová tyč na vzpěr vyhovuje.

Kontrola konce tyče v dotyku s horní deskou na otlačení.

Konec tyče je v mírném rádiusu, ale pro výpočet postačí počítat s průmětem plochy.

$$p = \frac{F}{S} \quad [7.5]$$

Kde:

S ... plocha [m², mm²]

$$p = \frac{2000000}{7854}$$

$$p = 254,6 \text{ MPa}$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad [7.6]$$

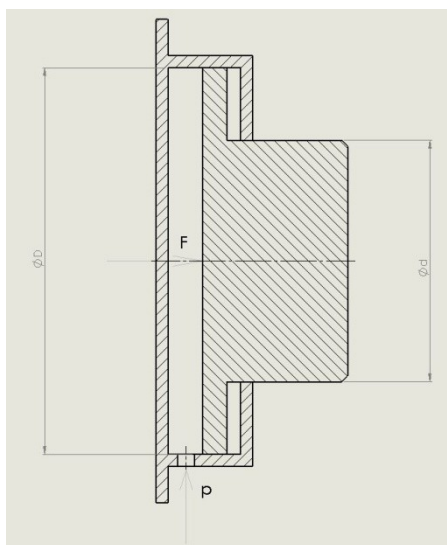
$$S = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4}$$

$$S = 7,854 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 7854 \text{ mm}^2$$

Slabší materiál z dvou dotýkajících se součástí je deska z materiálu 11523 s mezí kluzu $R_e = 333 \text{ MPa}$. Otláčení vyhovuje s bezpečností $k = 1,3$

7.2 Výpočet hydraulického válce

Pro vyvolání maximální požadované přitlačné síly $F = 2\,000\,000 \text{ N}$ jsem navrhnul vnitřní průměr hydraulického válce. Do výpočtu jsem použil běžný hydraulický tlak vyvozený hydrogenerátorem a to $p = 25 \text{ MPa}$.



Obr. 7.2 Řez hydraulickým válcem [3]

$$p = \frac{F}{S} \quad [7.7]$$

$$p = \frac{4F}{\pi \cdot D^2}$$

Odsud vypočítám průměr D

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot p}}$$

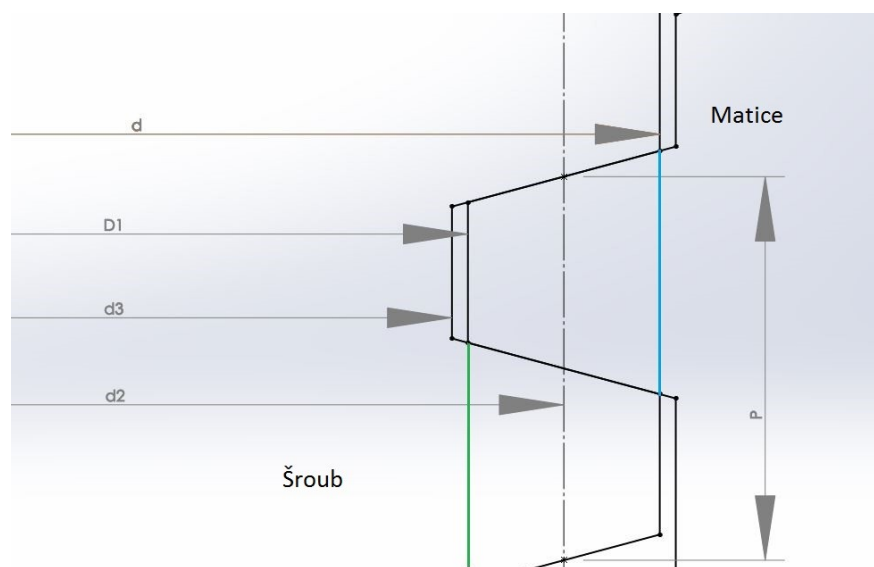
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2000000}{\pi \cdot 25}}$$

$$D = 319 \text{ mm} \quad [7.8]$$

Volím vnitřní průměr válce $D = 320 \text{ mm}$.

7.3 Kontrola lichoběžníkového závitu

Závit šroubu bude namáhán od síly hydraulického válce. Tedy požadovaných 200 tun. Jelikož se šroub během namáhání nebude pohybovat, nemusím uvažovat se zadřením lichoběžníkového závitu. Budu tedy počítat závit na stříh a také na otláčení ploch závitu.



Obr. 7.3 Rozměry lichoběžníkového závitu [3]

Šroubová tyč je vyrobená z materiálu 15230. S mezí kluzu $Re = 835 \text{ MPa}$.

Kontrola na střih závitu šroubu. Bude probíhat na hranici zelené čáry na obrázku [7.3].

$$\tau_p = \frac{F}{\pi \cdot D_1 \cdot P \cdot z \cdot k_1} \quad [7.8]$$

Kde:

k_1 ... koeficient plnosti závitu, pro lichoběžníkový závit je to $k_1 = 0,65$ [1]

z ... počet závitů v záběru $z = \frac{m}{P} = \frac{120}{12} = 10$ [1]

m ... výška matice [m, mm]

P ... stoupání závitu [m, mm]

$$\tau_p = \frac{2000000}{\pi \cdot 88 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 0,65}$$

$$\tau_p = 92,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{pD} = \sigma_D \cdot 0,5 = 417,5 \cdot 0,5 = 208,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D = \frac{Re}{2} = \frac{835}{2} = 417,5 \text{ MPa}$$

Kontrola na střih závitu matice. Bude probíhat na hranici modré čáry na obrázku [7.3].

Matice je vyrobena z bronzu CuSn8. S mezí kluzu $Re = 530 \text{ MPa}$.

$$\tau_p = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot P \cdot z \cdot k_1} \quad [7.9]$$

$$\tau_p = \frac{2000000}{\pi \cdot 100 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 0,65}$$

$$\tau_p = 81,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{pD} = \sigma_D \cdot 0,5 = 265 \cdot 0,5 = 132,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D = \frac{Re}{2} = \frac{530}{2} = 265 \text{ MPa}$$

Závity lichoběžníkového šroubu i matice na střih vyhovují.

Kontrola závitů na otlačení.

$$p = \frac{F}{S} \quad [7.10]$$

$$S = \pi \cdot d_2 \cdot H \cdot z \quad [7.11]$$

Kde:

H ... nosná výška závitu [m, mm]

$$S = \pi \cdot 94 \cdot 6 \cdot 10$$

$$S = 17718,6 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{(d - D_1)}{2} \quad [7.12]$$

$$H = \frac{(100 - 88)}{2}$$

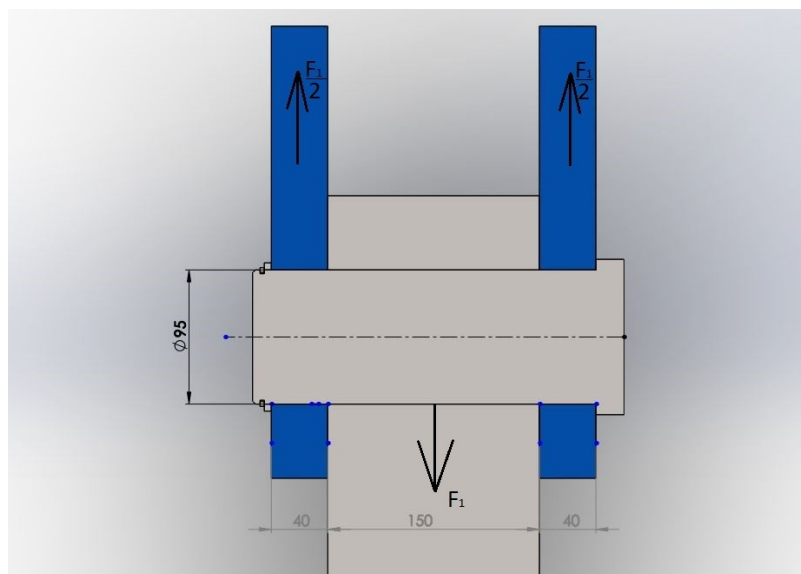
$$H = 6 \text{ mm}$$

$$p = \frac{2000000}{17718,6}$$

$$p = 112,9 \text{ MPa}$$

p_D pro slabší materiál, tedy bronz je 265 MPa, závity na otlačení tedy vyhovují.

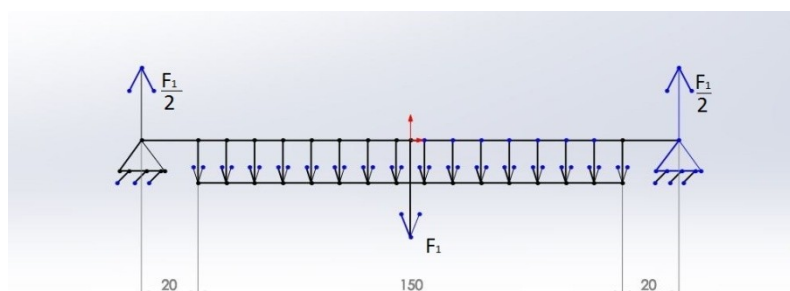
7.4 Výpočet průměru čepu



Obr. 7.4 Síly působící na čep a hlavní rozměry [3]

Jelikož budou čepy silně namáhány, volím materiál 15230. Dovolené napětí v ohybu materiálu $\sigma_{D0} = 417,5 \text{ MPa}$ a dovolené napětí ve stříhu je $\tau_{SD} = 208,75 \text{ MPa}$.

Dalšími rozměry jsou: šířka $a = 0,04 \text{ m}$, a šířka $b = 0,15 \text{ m}$.



Obr. 7.5 Silový nosník čepu [3]

Síla F_1 je poloviční síla vyvozená válcem, tedy $F/2 = 1\,000\,000 \text{ N}$.

Výpočet průměru čepu z podmínky na ohyb.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad [7.13]$$

Kde:

M_o ... ohybový moment [MPa]

W_o ... modul průřezu [MPa]

$$M_o = \frac{F_1}{2} \cdot \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{2} \right) - \frac{F_1}{2} \cdot \frac{b}{4} = \frac{F_1}{8} \cdot (2a + b) \quad [7.14]$$

Kde:

F_1 ... polovina síly vyvozená hydraulickým válcem, F/2 [N]

a ... šířka nosníku [m, mm]

b ... průměr sloupu [m, mm]

$$\sigma_o = \frac{\frac{F_1}{8} \cdot (2a + b)}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32}} = \frac{4 \cdot F_1 \cdot (2a + b)}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} \leq \sigma_{oD}$$

$$d_{\check{c}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot F_1 \cdot (2a + b)}{\pi \cdot \sigma_{oD}}}$$

$$d_{\check{c}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1000000 \cdot (2 \cdot 0,04 + 0,15)}{\pi \cdot 417500000}}$$

$$d_{\check{c}} = 0,888 \text{ m} = 88,8 \text{ mm}$$

Volím průměr čepu $d_{\check{c}} = 95 \text{ mm}$.

Kontrola průměru čepu z podmínky na střih.

$$\tau_s = \frac{F_1}{S} \leq \tau_{sD} \quad [7.15]$$

$$\tau_s = \frac{F_1}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4}}$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot F_1}{\pi \cdot d_{\check{c}}^2} \leq \tau_{sD}$$

$$d_{\check{c}} = \sqrt{\frac{2 \cdot F_1}{\pi \cdot \tau_{sD}}}$$

$$d_{\check{c}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000000}{\pi \cdot 208750000}}$$

$$d_{\check{c}} = 0,0552 \text{ m} = 55,2 \text{ mm}$$

Z podmínky na střih vychází menší průměr čepu, avšak musím použít $d_{\check{c}} = 95 \text{ mm}$ z podmínky na ohyb.

Kontrola čepu na otláčení.

$$p_1 = \frac{F_1}{S} \quad [7.16]$$

$$p_1 = \frac{F_1}{d_{\check{c}} \cdot b}$$

$$p_1 = \frac{1000000}{0,095 \cdot 0,15}$$

$$p_1 = 70175438 \text{ Pa} = 70 \text{ MPa}$$

$$p_2 = \frac{F_1}{S} \quad [7.17]$$

$$p_2 = \frac{F_1}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot a}$$

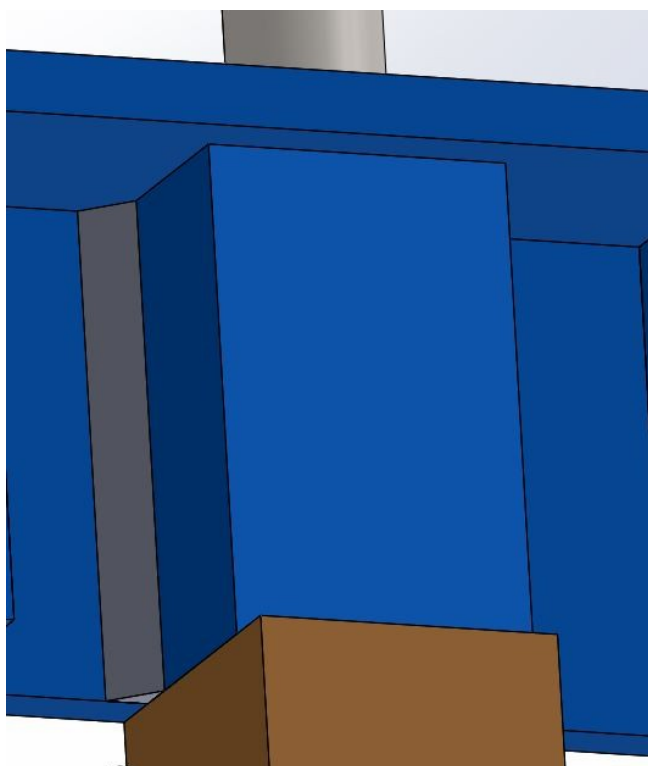
$$p_2 = \frac{1000000}{2 \cdot 0,095 \cdot 0,04}$$

$$p_2 = 131578947 \text{ Pa} = 132 \text{ MPa}$$

Kontrola čepu na otláčení vyhovuje.

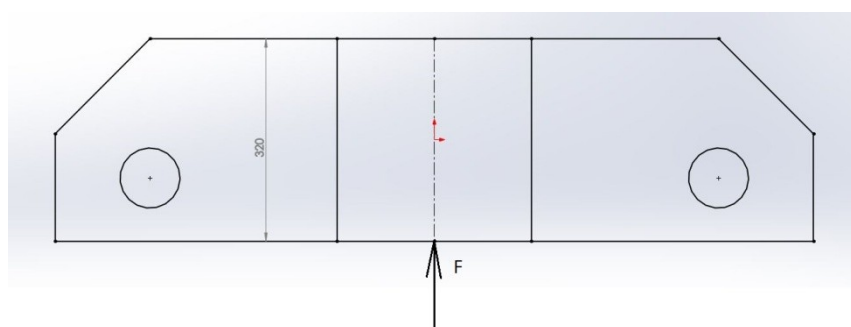
7.5 Kontrolní výpočet svarových spojů

7.5.1 Středový kvádr přivařený k horním nosníkům



Obr. 7.6 Svaření kvádrů s horními nosníky [3]

Kvádr bude k nosníkům přivařen koutovými svary o velikosti $a_s = 20$ mm, po délce $l_s = 320$ mm. Pro kontrolu svaru počítám s celkovou silou F a s počtem 4 svarů.



Obr. 7.7 Síla na svar a jeho velikost [3]

Materiál kvádrů a nosníků je 11523.

$$\tau_{II} = \frac{F}{4 \cdot a_s \cdot l_s} \quad [7.18]$$

Kde:

a_s ... velikost svaru [m, mm]

l_s ... délka svaru [m, mm]

$$\tau_{II} = \frac{2000000}{4 \cdot 0,020 \cdot 0,32}$$

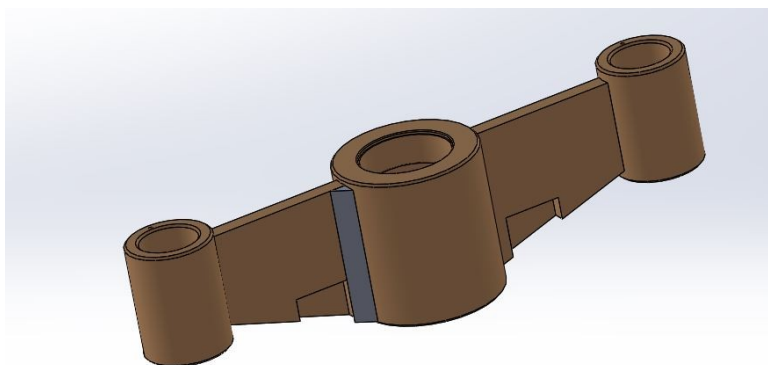
$$\tau_{II} = 78125000 \text{ Pa} = 78 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí

$$\tau_{sdov} = 0,65 \cdot \sigma_{dov} = 0,65 \cdot \frac{Re}{2} = 0,65 \cdot \frac{333}{2} = 108,2 \text{ MPa}$$

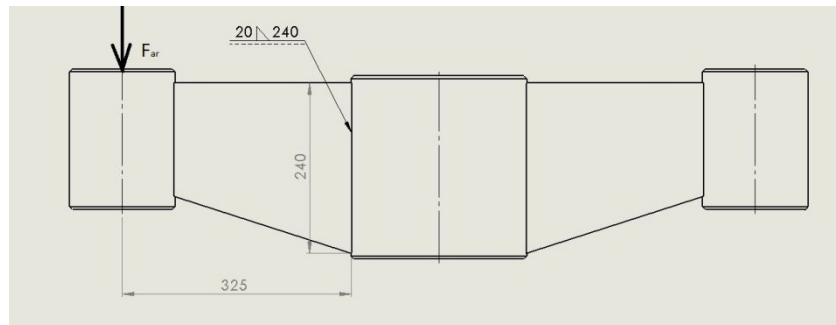
Svar vyhovuje.

7.5.2 Svar na otočném zařízení



Obr. 7.8 Více namáhaný svar na otočném zařízení [3]

Kontrola více namáhaného svaru na otočném zařízení. Namáhání plyne od tíhy samotné armatury, maximálně 1500 kg, tj. $F_{ar} = 15000 \text{ N}$ a to na rameni $l_{ot} = 325 \text{ mm}$. Velikost svaru koutového svaru $a_s = 20 \text{ mm}$, po délce $l_s = 240 \text{ mm}$. Svar je z obou stran tudíž 2 svary.



Obr. 7.9 Rozměry a zatížení svaru [3]

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_o} \quad [7.19]$$

$$\tau_{\perp} = \frac{3 \cdot (F_{ar} \cdot l_{ot})}{a_s \cdot l_s^2}$$

Kde:

F_{ar} ... tíha armatury [N]

l_{ot} ... rameno tíhy [m, mm]

$$\tau_{\perp} = \frac{3 \cdot (15000 \cdot 0,325)}{0,02 \cdot 0,240^2}$$

$$\tau_{\perp} = 12695312 \text{ Pa} = 12,69 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{F}{2 \cdot a_s \cdot l_s} \quad [7.20]$$

$$\tau_{II} = \frac{15000}{2 \cdot 0,02 \cdot 0,24}$$

$$\tau_{II} = 1562500 \text{ Pa} = 1,56 \text{ MPa}$$

$$\tau = \sqrt{\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2} \quad [7.21]$$

$$\tau = \sqrt{12,69^2 + 1,56^2}$$

$$\tau = 12,79 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí

$$\tau_{sdov} = 0,65 \cdot \sigma_{dov} = 0,65 \cdot \frac{Re}{2} = 0,65 \cdot \frac{333}{2} = 108,2 \text{ MPa}$$

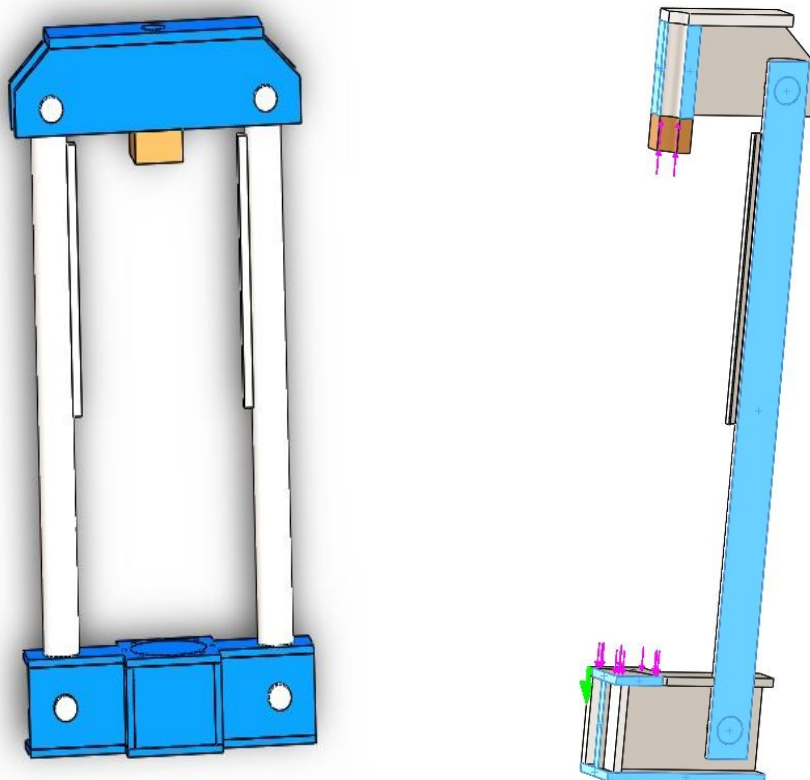
Svar vyhovuje.

8. Kontrola nosníků stolice

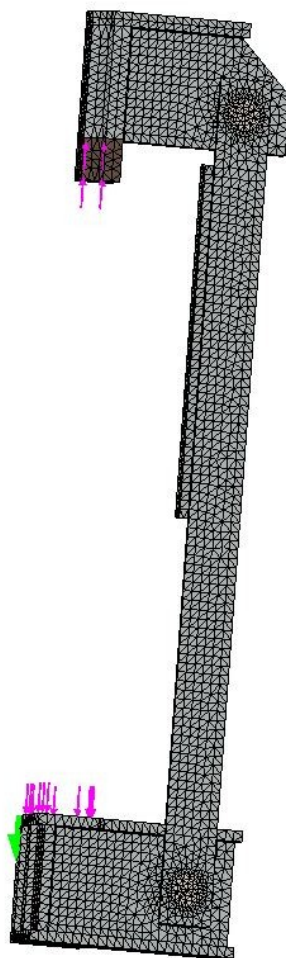
Dle CAD modelu a zatížení bylo zadáno vytvořit model konečných prvků a provedení výpočtů napjatosti a deformací. Cílem kontroly byly hlavní nosné prvky tlakové stolice.

8.1 Vytvoření počítačového modelu pomocí metody konečných prvků

Pomocí modelu vytvořeným softwarem Solidworks byl taktéž v softwaru Solidworks Simulation vytvořen výpočtový model. Vytvořený výpočtový je zaměřen na hlavní požadované kontrolované díly z důvodu zjednodušení výpočtu. Charakteristická geometrie stolice umožnila využít rovinné symetrie viz obr. [8.1]. Výpočtový model čítá 40325 elementů a 68417 uzlů. Sít' konečných prvků je zobrazena na obr. [8.2].



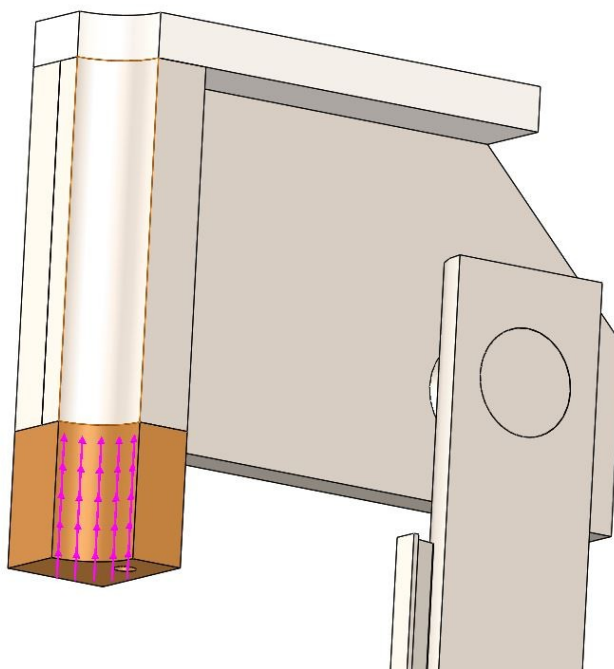
Obr. 8.1 Možnost využití symetrie modelu [3]



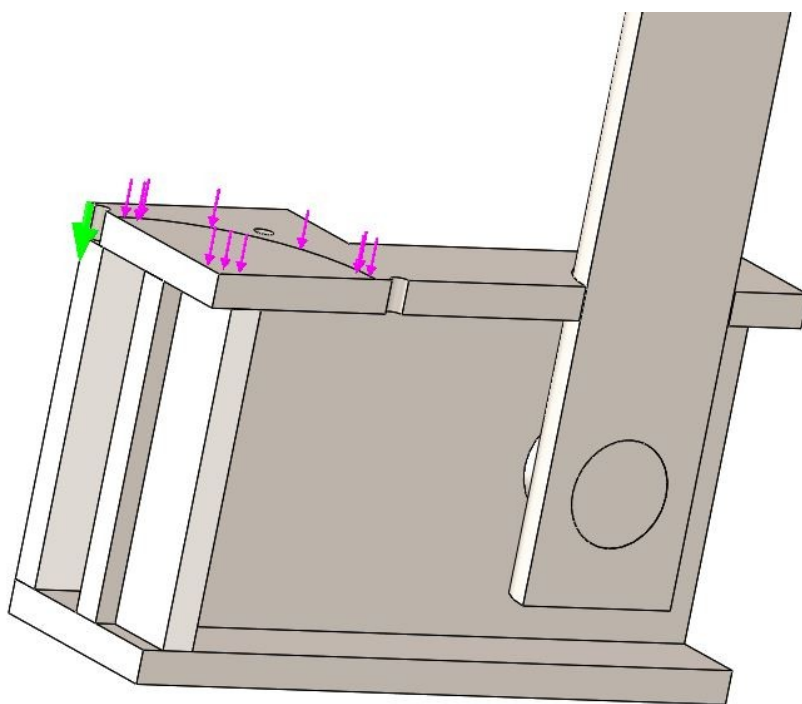
Obr. 8.2 Síť konečných prvků [3]

Nosníky jsou vyrobeny z materiálu 11523. Modul pružnosti $E = 210\,000\text{ MPa}$ a poissonovo číslo $\mu = 0,3$. Mez kluzu $Re = 333\text{ MPa}$.

Zatížení nosníků vyplývá od působení hydraulického válce. Díky symetrii stolice jsem mohl do výpočtu zadat $\frac{1}{4}$ sílu vyvozenou válce. Tedy $500\,000\text{ N}$. Obrázky [8.3, 8.4].



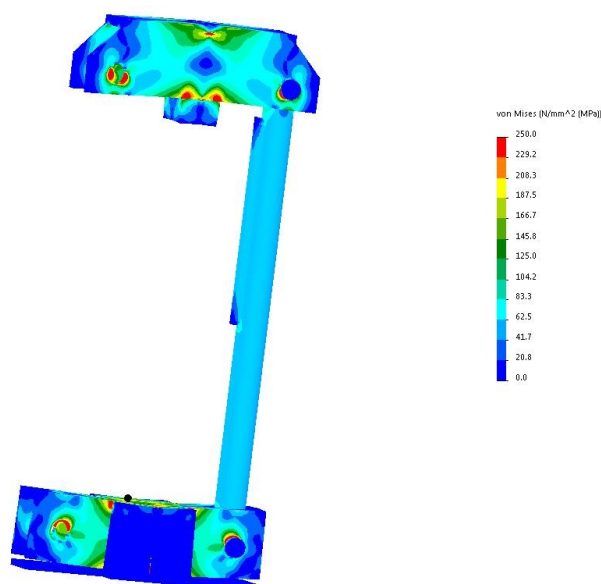
Obr. 8.3 Síla vedená přes lichoběžníkový závit do matice, odtud do nosníků [3]



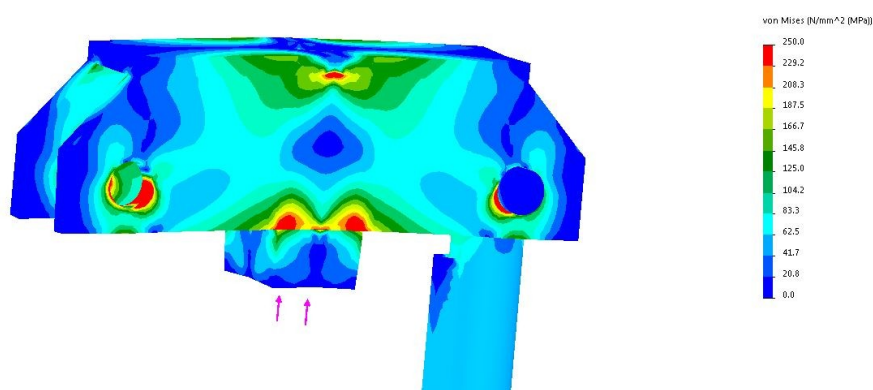
Obr. 8.4 Reakce od hydraulického válce.[3]

8.2 Výpočet napjatosti a deformace

Analýza nosníků. Dle vypočtených výsledků hledáme polohu nebezpečných míst. Napětí vzniklé od síly vyvozené hydraulickým válcem, přenesené přes šroub a matici do nosníků. V místě dotyku matice s nosníky vzniká největší napětí znázorněno červenou barvou.

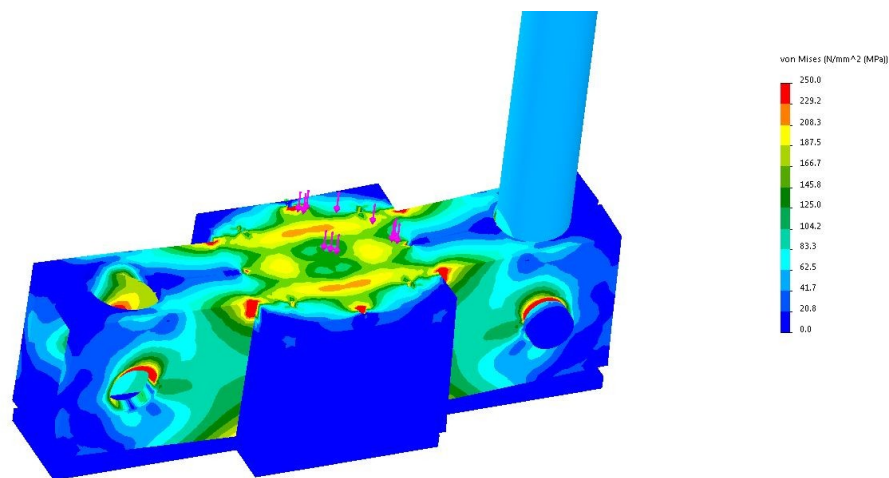


Obr. 8.5 Redukované napětí [MPa] dle hypotézy HMH [3]

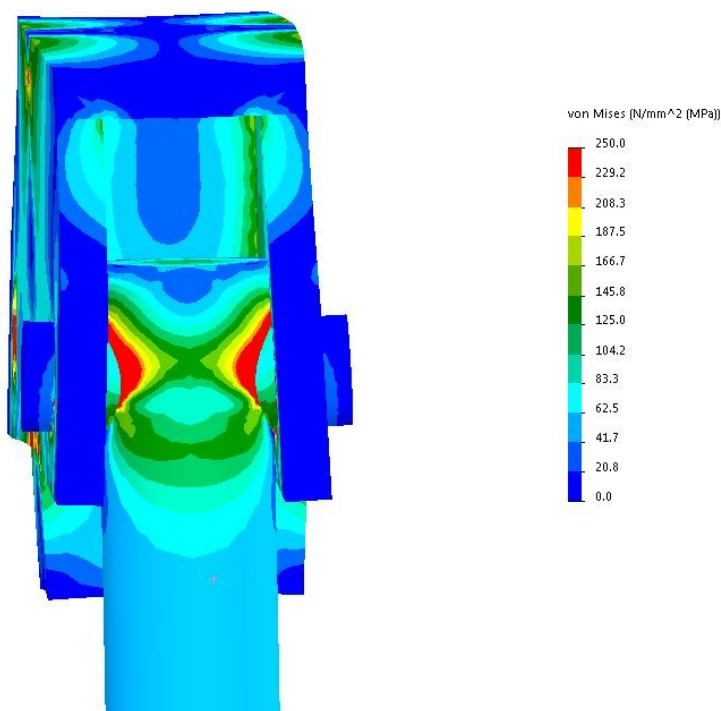


Obr. 8.6 Detail napětí v horním nosníku [MPa] [3]

Ve spodním uložení je napětí v menší míře, díky velikosti a tuhosti hydraulického válce. Tudiž se síla rozloží do větší plochy.



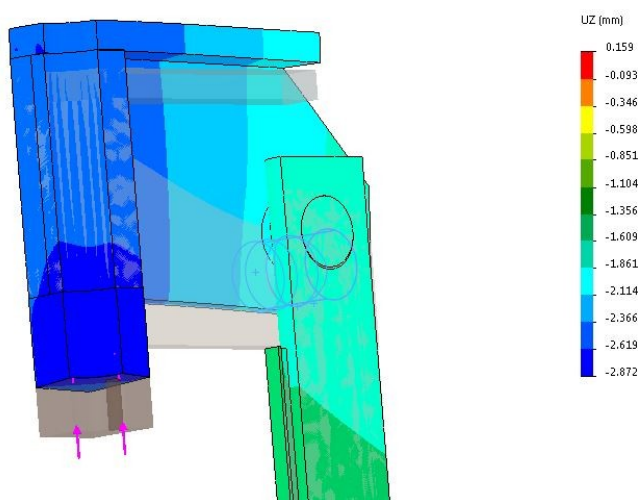
Obr. 8.7 Detail napětí ve spodním nosníku [MPa] [3]



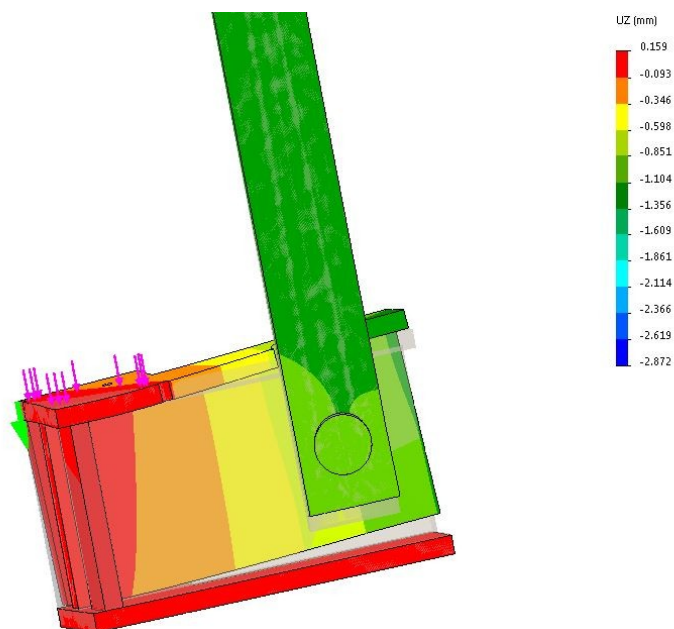
Obr. 8.8 Detail napětí ve sloupu [MPa] [3]

V místě dotyku čepu se sloupem vzniká hlavně napětí v otláčení.

Při zatížení maximální silou dojde k zvednutí horního uložení o necelé 3 mm viz. obrázek [8.9]. Spodní nosník bude z vnější části mírně zvedán o cca 0,5 mm díky síle přenesené přes sloupy, naopak vnitřní část bude o cca 0,16 mm zatlačována díky reakci na sílu vyvozenou hydraulickým válcem viz. obrázek [8.10].



Obr. 8.9 Detail deformace/posunutí horního nosníku [mm] [3]



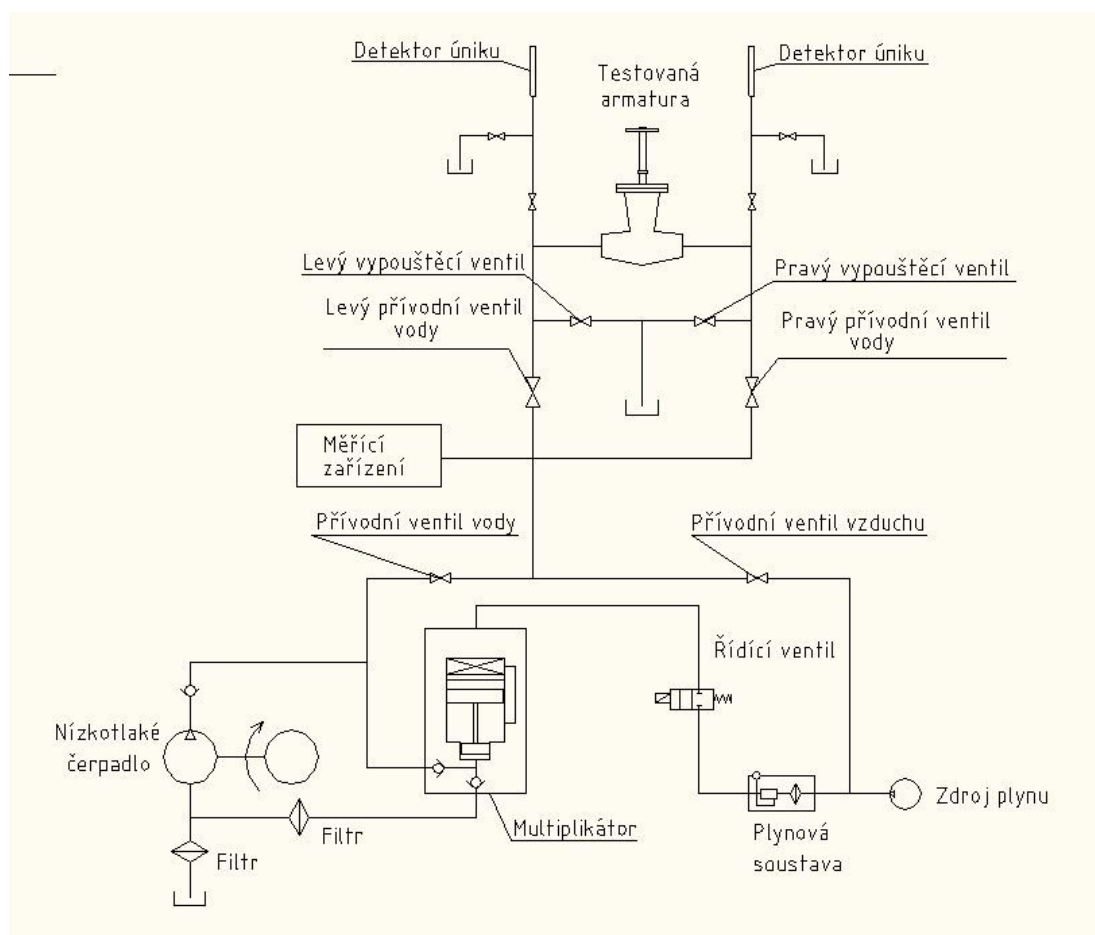
Obr. 8.10 Detail deformace/posunutí spodního nosníku [mm] [3]

8.3 Závěr dosažených výsledků pomocí MKP

Dle modelu Solidworks a zatížení bylo zadáno vytvořit model konečných prvků a provedení výpočtů napjatosti a deformací. Cílem kontroly byly hlavní nosné části celé stolice.

Na základě dostupných teorií z oblasti pružnosti a pevnosti jsem se přesvědčil, že při daném zatížení 2 000 000 N nebudou překročeny mezní mechanické vlastnosti materiálu (mez kluzu), a námi zvolený materiál toto zatížení vydrží.

9. Schéma a funkce hydraulického obvodu pro plnění a tlakování armatury



Obr. 9.1 Schéma hydraulického obvodu [3]

Funkce obvodu pro zkoušku pevnosti tělesa:

- Po požadovaném upnutí armatury začne plnění armatury, k tomu slouží nízkotlaká vodní pumpa, všechny ventily, kromě vypouštěcích a přívodních ke kapilárám, jsou otevřeny.
- Jakmile je armatura naplněna kapalinou, zapojí se pneumaticko – hydraulický multiplikátor a začne zvyšování tlaku v obvodu. Aby se tlak nedostával zpět do čerpadla, je zde umístěn zpětný ventil.
- Po natlakování obvodu včetně prostoru uvnitř armatury, dojde k vypnutí multiplikátoru a měřicí systém měří případné úniky snižováním hydraulického tlaku.
- Po ukončení zkoušky dojde k odlakování obvodu a následně vypuštění zkušebního média zpět do nádrže.

Funkce obvodu pro zkoušku těsnosti v sedle:

- První postup je obdobný jako u provedení zkoušky pevnosti tělesa.
- Jakmile je armatura naplněna kapalinou, uzavře se a uzavře se levý nebo pravý přívodní ventil.
- Otevře se detektor úniku na té straně, která byla uzavřena přívodním ventilem a nastane vyrovnání tlaku kapaliny s okolním tlakem. Na kapiláře se nastaví hladina vody na rysku.
- Zapne se multiplikátor a začne tlakování obvodu a jedné strany armatury
- Pohledem na kapiláru sledujeme, zda nedochází k průsaku kapaliny přes sedlo uzavřené armatury. Také se sleduje pokles tlaku.
- Po ukončení zkoušky dojde k odlakování obvodu a následnému vypuštění zkušebního média zpět do nádrže.

10. Závěr

V této diplomové práci byla navržena tlaková stolice, která odpovídá požadavkům zadavatele. Její konstrukce vychází ze starších typů stolic, s novými prvky jakými jsou: jeden pohybový přitlačný šroub, otočné zařízení pro zrychlení zkoušení armatur a nízkozdvíhový hydraulický válec.

Byly provedeny výpočty pomocí metody konečných prvků, díky kterým jsem ověřil schopnost konstrukce stolice odolat nevyššímu zatížení vyvolané hydraulickým válcem. Dále ručními výpočty byly zkontrolovány nedůležitější prvky stolice.

Obsluhu této stolice zvládne proškolený dělník s návody na obsluhu. Umístění stolice v hale musí být v dosahu jeřábu.

11. Seznam použité literatury

Literatura

[1] ČSN EN 736 - 1. *Armatury - Terminologie - Část 1: Definice typů armatur*. Brno: Český normalizační institut, 1996.

Dostupné z: http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/13/20214/20214_nahled.htm

[2] ČSN EN 12266 - 1. *Průmyslové armatury - Zkoušení armatur: Část 1: Tlakové zkoušky, postupy zkoušek a přijímací kritéria*. Český normalizační institut, 2003.

Dostupné z: http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/13/69050/69050_nahled.htm

[3] Podklady dodané firmou Armatury Group a.s.

<http://www.armaturygroup.cz/CZ/>

[4] KSK - český výrobce speciálních strojů: *Tlakové stolice* [online]. [cit. 2014-04-29].

Dostupné z: <http://www.kskct.cz/web/podstranka.php?jazyk=cz&odkaz=stolice>

[5] Ames s.r.o.

[6] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 2. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2005, 907 s. ISBN 80-736-1011-

[7] Hydraulics: Výroba, servis a prodej přímočarých hydromotorů. [online]. [cit. 2014-05-02].

Dostupné z: <http://www.hydraulics.cz/>

[8] Wilo: Čerpadla. [online]. [cit. 2014-05-02].

Dostupné z: <http://www.wilo.cz/home/>

[9] Exvalos: Axiální kluzná ložiska. [online]. [cit. 2014-05-02].

Dostupné z: <http://www.exvalos.cz/kluzna-loziska---pouzdra/axialni-ku-a-kx/>

Obrázky

[1] Armatury Group a.s.

[2] ČSN EN 736 - 1. *Armatury - Terminologie - Část 1: Definice typů armatur*.
Brno: Český normalizační institut, 1996.

Dostupné z: http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/13/20214/20214_nahled.htm

[3] vytvořené autorem práce

[4] *KSK - český výrobce speciálních strojů: Tlakové stolice* [online]. [cit. 2014-04-29].

Dostupné z: <http://www.kskct.cz/web/podstranka.php?jazyk=cz&odkaz=stolice>

Použitý software

Solidworks 2014 SP1

AutoCad 2010

Microsoft Office 2007

12. Přílohy

Příloha 1	Výkres sestavy KRA0030 – 300
Příloha 2	Výkres svařence horního uložení KRA0030 – 302
Příloha 3	Výkres svařence otočného zařízení KRA0030 – 312
Příloha 4	CD s diplomovou prací
Příloha 5	Kopie souhlasu ÚNMZ s použitím části normy ČSN